

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 2 6 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 9 2 9 3 3

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

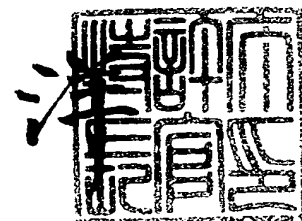
J P 2 0 0 4 - 0 9 2 9 3 3

出 願 人
Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

2 0 0 5 年 4 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

- 【官 規 則】 付 訂 規
【整理番号】 P007793
【提出日】 平成16年 3月26日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】 田中 幸一郎
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】 山本 良明
【特許出願人】
【識別番号】 000153878
【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所
【代理人】
【識別番号】 100108741
【弁理士】
【氏名又は名称】 渡邊 順之
【電話番号】 03-3226-5975
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 048563
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9810739

【請求項 1】

レーザ発振器から射出されたレーザ光をスリットを通過させて強度の弱い部分を遮断し、該レーザ光の通過線上でスリットにできた像を凸型シリンドリカルレンズによって照射面に投影し、照射することを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール方法。

【請求項 2】

レーザ発振器から射出されたレーザ光をスリットを通過させて強度の弱い部分を遮断し、該レーザ光の通過線上でスリットにできた像を凸型シリンドリカルレンズによって照射面に投影し、照射するものであって、かつ該スリットと該凸型シリンドリカルレンズの間隔（M1）及び該凸型シリンドリカルレンズと該照射面との間隔（M2）が下記の式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置することを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール方法。

$$M1 = f(s + D) / D \quad \text{式（1）}$$

$$M2 = f(s + D) / s \quad \text{式（2）}$$

（但し、前記式において、s はスリットの幅、D は線状ビームの長尺方向の長さ、f は凸型シリンドリカルレンズの焦点距離あるいは凸型球面レンズの焦点距離である。）

【請求項 3】

レーザ発振器とスリットとの間に、レーザ光の進行方向を所定角度偏向させるミラーを配置した請求項 1 又は 2 に記載のレーザアニール方法。

【請求項 4】

凸型シリンドリカルレンズと照射面との間に、前記凸型シリンドリカルレンズに対して凸面を 90 度ずらした方向で第 2 の凸型シリンドリカルレンズを配置した請求項 1、2 又は 3 に記載のレーザアニール方法。

【請求項 5】

レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を通過させ強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断されたスリットにできた像を照射面に投影する凸型シリンドリカルレンズ及び該像を投影する照射面を備えたことを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール装置。

【請求項 6】

レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を通過させ強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断されたスリットにできた像を照射面に投影する凸型シリンドリカルレンズ及び該像を投影する照射面を備え、かつ該スリットと該凸型シリンドリカルレンズの間隔（M1）及び該凸型シリンドリカルレンズと照射面との間隔（M2）が前記した式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置したことを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール装置。

【請求項 7】

レーザ発振器とスリットとの間に、レーザ光の進行方向を所定角度偏向させるミラーを配置した請求項 5 又は 6 に記載のレーザアニール装置。

【請求項 8】

凸型シリンドリカルレンズと照射面との間に、前記凸型シリンドリカルレンズに対して凸面を 90 度ずらした方向で第 2 の凸型シリンドリカルレンズを配置した請求項 5、6 又は 7 に記載のレーザアニール装置。

【請求項 9】

レーザ発振器から射出されたレーザ光をミラーにより所定角度傾斜した方向から入射し、非点収差により線状のレーザ光を形成するように第 1 の凸型球面レンズを通過させ、その後スリットで線状レーザ光を形成すると共に該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断し、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を第 2 の凸型球面レンズを用いて縮小投影できる位置に配置した照射面に照射することを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール方法。

【請求項 10】

レーザ発振器から射出されたレーザ光をミラーにより所定角度傾斜した方向から入射し、非点収差により線状のレーザ光を形成するように第 1 の凸型球面レンズを通過させ、その後スリットで線状レーザ光を形成すると共に該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断し、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を第 2 の凸型球面レンズを用いて縮小投影できる位置に配置した照射面に照射するものであって、かつ該スリットと該第 2 の凸型球面レンズの間隔 (M1) 及び該第 2 の凸型球面レンズと該照射面との間隔 (M2) が前記した式 (1) 及び式 (2) の関係を満たすようにそれらを配置することを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール方法。

【請求項 11】

レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を凸型球面レンズに導く所定角度傾斜させたミラー、該ミラーにより反射されたレーザ光を通過させ非点収差により線状レーザ光を形成する第 1 の凸型球面レンズ、該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を照射面に縮小投影する第 2 の凸型球面レンズ及び該像を投影する照射面を備えたことを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール装置。

【請求項 12】

レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を凸型球面レンズに導く所定角度傾斜させたミラー、該ミラーにより反射されたレーザ光を通過させ非点収差により線状レーザ光を形成する第 1 の凸型球面レンズ、該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を照射面に縮小投影する第 2 の凸型球面レンズ及び該像を投影する照射面を備え、かつ該スリットと該第 2 の凸型球面レンズの間隔 (M1) 及び該第 2 の凸型球面レンズと該照射面との間隔 (M2) が前記した式 (1) 及び式 (2) の関係を満たすようにそれらを配置したことを特徴とする照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール装置。

【発明の名称】 レーザ照射方法及び同装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、非結晶性半導体膜の結晶化等に好適な照射面上に均一強度の線状ビームを照射できるレーザアニール方法及びレーザアニール装置に関する。

より詳しくは、本発明は、レーザ光のエネルギー強度の弱い部分を遮断し、かつ光の回折による縞を照射面において発生させることなく、線状レーザ光を照射面に照射することができる、照射面上に均一強度の線状ビームを照射する、非結晶性半導体膜の結晶化等に好適なレーザアニール方法及びレーザアニール装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下TFTと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型表示装置への応用開発が進められている。

特に、多結晶半導体膜を用いたTFTは、従来の非結晶半導体膜を用いたTFTよりも電界効果移動度（モビリティともいう）が高いため高速動作が可能である。

そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが試みられている。

【0003】

ところで、半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶半導体基板よりも、ガラス基板が有望視されている。

ガラス基板は、耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上に多結晶半導体膜を用いたTFTを形成する場合には、ガラス基板の熱変形を避けるために半導体膜の結晶化にレーザアニールが用いられる。

【0004】

レーザアニールの特徴は、輻射加熱あるいは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体基板又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどがあげられている。

なお、ここでいうレーザアニール法とは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。

また、それは半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる。

【0005】

レーザアニールに用いられるレーザ発振器はその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。

近年では、半導体膜の結晶化においてエキシマレーザのようなパルス発振のレーザ発振器よりもArレーザやYVO₄レーザのような連続発振のレーザ発振器を用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見出されている。

半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるTFTチャネル領域に入る粒界の数が減るので移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用でき、そのため連続発振のレーザ発振器は脚光を浴びている。

【0006】

半導体膜のレーザアニールには可視あるいは紫外域の波長を持ったレーザビームが多く用いられる。

これは、半導体膜への吸収効率が良いためである。

しかしながら、一般的にCW（連続発振）レーザに用いられる固体のレーザ媒質から発振する波長は赤から近赤外域であり、これらの波長域は半導体膜への吸収効率が低いため、非線形光学素子を用いて可視域以下の波長を持つ高調波に変換して用いる。

一般時には、入出力を待たずに近接加工の至平仮で第一回調試し、のるノッーんのレーザームに変換する方法が最も変換効率がよく、頻繁に用いられている。

【0007】

例えば、10Wの532nmのCWレーザビームを長尺方向300 μ m、短尺方向10 μ m程度の線状に整形し、該線状ビームの短尺方向にビームスポットを走査させてレーザアニールにより結晶化した場合、一度のスキャンで得られる大粒径結晶の領域の幅は200 μ m程度となる（以下、大粒径結晶が見られる領域を大粒径領域と呼ぶ）。

このため、基板全面をレーザアニールにより結晶化するためには、ビームスポットの一度の走査によって得られた大粒径結晶領域の幅ずつ、レーザビームを走査する位置を、該ビームスポットの長尺方向にずらしてレーザアニールを行うことが必要となる。

【0008】

これとは逆に、CWレーザのビームスポットを線状ビームの短尺方向に走査させた場合、線状ビームの長尺方向の両端において、レーザ光の強度が弱く大粒径結晶が形成されない領域（以降、結晶性不良領域と呼ぶ）ができる。

この領域には、半導体膜の表面において凹凸が目立ち、TF Tを作製するには不向きである。

このようなことから、信頼性の高いTF Tを作製するに当たっては、TF Tが結晶性不良領域に作製されないようにレーザの照射の際に正確に位置決めをする必要がある。

しかしながら、そのような配慮をしても線状ビームの長尺方向における長さが長くなるに伴い、結晶性不良領域が広がってしまう問題がある。

【0009】

その結果、基板全体に対するTF Tを形成できる領域が少なくなってしまう、集積度の高い半導体装置を作製することが困難になる。

上記の問題は、使用するレーザ光の強度分布がガウス型であることが原因であると考えられる。

ガウス分布は、ビームスポットの中心部分が最も強度が強く、裾を引くように強度が徐々に弱くなっていく。

このため、線状ビームを整形し、長尺方向を長くしようとする、それに伴い、裾部分が長く延びるため、結晶性不良領域が広がる結果となる。

【0010】

これを回避するは、レーザ光の強度の分布をガウス形状ではなくトップフラット型にする方法がある。

トップフラットにする手法としては回折光学素子や光導波路を用いる手法がレーザ機器メーカーのカタログ等で紹介されている。

トップフラットにすることで、レーザ光の分布における裾部分を急峻なものとし、レーザアニール後にできる結晶性不良領域を極端に減少させることができる。

また、トップフラットにすることで、線状ビームの長尺方向が長くなったとしても、結晶性不良領域を少なくすることが可能となる。

【0011】

以上のとおり、トップフラットにする手法には利点があるが、そのうちの回折光学素子を用いる手法は、良い特性を得るためにナノメートルオーダーの微細加工が必要であり、技術的に困難な点が多く、コストも高い。

また、光導波路のようなものを用いた場合、532nmの波長を持つレーザ光は干渉性があるため、照射面においてレーザ光強度の強弱が干渉縞として現れてしまう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

前記したとおりガウス分布に起因する短所を回避するための手法であるトップフラットにする手法にも問題点があり、そのようなことからガウス分布に起因する短所を回避する

、ための加なす広を半光明白つは開光し、既に付訂出願した（付願をリリサ一ッのッのッ照）。

それは、レーザ光が照射される前にスリットを用いて、ガウス分布の裾部分を遮断する手法である。

この方法は、結晶性不良領域が形成される部分の弱いレーザ光のみを遮断し、大粒径結晶領域のみのレーザ光を用いることで、結晶性不良領域を減らすことを可能とするものであるが、この手法でも、レーザ光がスリットを通過することにより照射面において回折による縞が現れ、結晶性不良領域の形成を完全には回避できないことがわかった。

【0013】

本発明者らは、レーザ光のエネルギー強度の弱い、ガウス分布の裾部分をスリットによって遮断して線状レーザ光によりレーザアニールする手法において、回折による縞の出現を回避する技術を開発すべく鋭意研究開発に努め、その結果、開発に成功したのが本発明である。

したがって、本発明は、レーザ光のエネルギー強度の弱い部分をスリットにより遮断し、かつ光の回折による縞を照射面において発生させることなく、照射面上に均一強度の線状ビームを照射する、非結晶性半導体膜の結晶化等に好適なレーザアニール方法及びレーザアニール装置を提供することを解決すべき課題、すなわち目的とするものである。

【0014】

また、本発明は、回折により生ずる縞に基づく結晶性不良領域のない結晶性半導体膜、それを具備するTFEを簡便な手法で製造する方法及び装置を提供することを課題とするものである。

さらに、これらを簡潔に言えば、本発明は回折による縞を生じさせることなく、簡便な手法でレーザアニールの際の結晶性不良領域を無くすことをも課題とするものである。

【0015】

本発明の前記した解決すべき課題との関連で、まず、縞を出現させることになる回折が起こる現象について説明する。

スリットと像面の距離を L とし、波数は k 、波長は λ とし、幅 w のスリット状開口に、平面波が入射した際に生ずるフラウンホーファー回折像について考察する

この際スリット面は下記式（A1）で表すことができる。

また、その際における像面における複素振幅 u_1 は下記式（A2）で表すことができ、光強度 I_1 は、下記式（A3）となる。

さらに、長さの逆数である X は、下記式（A4）となる。

【0016】

$$u_1(\xi, \eta) = \begin{cases} 1 & \xi \leq \left| \frac{w}{2} \right| \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \quad \text{式 (A 1)}$$

$$u_1(x) = \int_{-w/2}^{w/2} \exp\left(\frac{ikx\xi}{L}\right) d\xi = \frac{w \sin(wX)}{wX} \quad \text{式 (A 2)}$$

$$I_1(x) = |u_1(x)|^2 = \frac{w^2 [1 - \cos(2wX)]}{2(wX)^2} \quad \text{式 (A 3)}$$

$$X \equiv \frac{kx}{2L} = \frac{\pi x}{\lambda L} \quad \text{式 (A 4)}$$

【 0 0 1 7 】

そして、これらの関数で与えられる強度分布は、 $X=0$ で最大値1をとり、大部分のレーザー光が中心部に集中する。

この中心部分のピークを0次回折光と呼び、これはスリットから光軸に沿って直進してきた光に相当する。

中心の周辺にある明るい部分は順に、 ± 1 次、 ± 2 次、 \dots の回折光と呼ばれる。

$\pm m$ 次回折光の($m \neq 0$)強度が極大値をとる位置は、ほぼ式(A 5)となり、これを変換すると式(A 2)となる。

【 0 0 1 8 】

【数2】

$$\pi w x / \lambda L \approx (m-1)\pi + \pi/2 \quad \text{式 (A 5)}$$

$$x \approx \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda L}{w} \quad \text{式 (A 2)}$$

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 9 】

本発明は、前記したとおりレーザー光のエネルギー強度の弱い部分を遮断し、かつ光の回折による縞を照射面において発生させることなく、線状レーザー光を照射面に照射することができる、照射面上に均一強度の線状ビームを照射する、非結晶性半導体膜の結晶化等に好適なレーザアニール方法及びレーザアニール装置を提供するものである。

そのレーザアニール方法には、大別して2つの方法があり、第1の方法は、レーザ発振器から射出されたレーザー光をスリットを通過させて強度の弱い部分を遮断し、該レーザー光の通過線上でスリットにできた像を凸型シリンドリカルレンズによって照射面に投影し、

・照射するところを付図に示すものとする。

【0020】

その際、好ましくはスリットと凸型シリンドリカルレンズの間隔（M1）及び凸型シリンドリカルレンズと照射面との間隔（M2）が下記の式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置するのがよい。

$$M1 = f(s + D) / D \quad \text{式（1）}$$

$$M2 = f(s + D) / s \quad \text{式（2）}$$

（但し、前記式において、sはスリットの幅、Dは線状ビームの長尺方向の長さ、fは凸型シリンドリカルレンズの焦点距離あるいは凸型球面レンズの焦点距離である。）

これにより、スリットの像が凸型シリンドリカルレンズによって照射面に投影される。

スリットの像は式（A4）において、L=0の場合に相当するため、この位置では回折による縞は発生しない。

したがって、スリットの像を投影される照射面においても、縞は発生しない。

【0021】

第2の方法は、レーザ発振器から射出されたレーザ光をミラーにより所定角度傾斜した方向から入射し、非点収差により線状のレーザ光を形成するように第1の凸型球面レンズを通過させ、その後スリットで線状レーザ光を形成すると共に該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断し、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を第2の凸型球面レンズを用いて縮小投影できる位置に配置した照射面に照射することを特徴とするものであり、好ましくはスリットと第2の凸型球面レンズの間隔（M1）及び第2の凸型球面レンズと照射面との間隔（M2）が前記した式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置するのがよい。

【0022】

そして、レーザアニール装置も、レーザアニール方法と同様に2つに大別でき、第1のレーザアニール装置は、レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を通過させ強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断されたスリットにできた像を照射面に投影する凸型シリンドリカルレンズ及び該像を投影する照射面を備えたことを特徴とするものであり、好ましくはスリットと凸型シリンドリカルレンズの間隔（M1）及び凸型シリンドリカルレンズと照射面との間隔（M2）が前記した式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置するのがよい。

【0023】

第2のレーザアニール装置は、レーザ発振器、該発振器から射出されたレーザ光を凸型球面レンズに導く所定角度傾斜させたミラー、該ミラーにより反射されたレーザ光を通過させ非点収差により線状レーザ光を形成する第1の凸型球面レンズ、該線状レーザ光の強度の弱い部分を遮断するスリット、該弱い部分を遮断された線状レーザ光の像を照射面に縮小投影する第2の凸型球面レンズ及び該像を投影する照射面を備えたことを特徴とするものであり、好ましくは該スリットと該第2の凸型球面レンズの間隔（M1）及び該第2の凸型球面レンズと該照射面との間隔（M2）が前記した式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置するのがよい。

【発明の効果】

【0024】

本発明は、スリットを用いてレーザ光の強度が弱い部分を遮断し、その遮断された像、すなわちスリットにできた像をレンズを用いて照射面に投影するものであり、それによりスリットにおける光の回折による光の縞の出現を照射面において回避できる。

そのため照射面上に光の回折による縞のない均一強度の線状のレーザビームを照射することができ、非結晶性半導体膜の結晶化等において好適なレーザアニールを行うことができる。

また、本発明を利用することにより結晶性の均一なTF T等の半導体装置を簡便に製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下において、本発明について、発明を実施するための最良の形態を含む実施の形態に関し説明するが、本発明は、それによって何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載によって特定されるものであることはいうまでもない。

本発明は、前記したとおりの発明特定事項を有するものであり、その特徴を簡単にいえば、それはスリットを用いてレーザ光の強度が弱い部分を遮断し、その遮断した像をレンズにより照射面に投影することである。

また、本発明には、前記したとおり、大別して凸型シリンドリカルレンズを用いる第1のレーザアニール方法と凸型球面レンズを用いる第2レーザアニール方法の2種があり、

さらに、第1のレーザアニール方法には、図1、2に図示する実施例1の照射面に対してレーザ光が垂直入射する場合と、図3に図示する実施例2の同面に斜め入射する場合の2つの態様がある。

【0026】

そのスリットを入れる位置については、投影手段として用いるレンズの焦点距離、スリットの幅及び投影倍率により決まる。

スリットにできた像をレンズを用いて転送し、完全に投影することができれば、前述した式(A2)におけるLを0とすることができるため、高次の回折光を限りなく小さくすることができる。

したがって、前記スリット、レンズ及び照射面の位置関係が適切な位置でのみ回折による縞を照射面に伝達することなく、大粒径結晶領域を作製することが可能となる。

すなわち、エネルギー強度が不均一となる回折光による縞を照射面に形成することなく、レーザ照射を行うことができる。

【0027】

本発明において使用するレーザ発振器については特に制限されることはなく、パルス発振あるいは連続発振のいずれのレーザ発振器も使用することができ、パルス発振のレーザ発振器としては、エキシマレーザ、YAGレーザあるいはYVO₄レーザ等が例示でき、連続発振のレーザ発振器としてはArレーザ、YVO₄レーザあるいはYAGレーザ等を例示できる。

本発明においては、レーザ発振器から射出されたレーザ光は、スリットに直進させてもよいが、レーザ発振器とスリットの間にミラーを配置し、レーザ光の進行方向を偏向してスリットに導くのが光学調整の自由度が大きい点で好ましく、典型的にはミラーにより図1及び2に図示する直角、すなわち90度に偏向してスリットに誘導するのが好ましい。

【0028】

そのレーザ発振器に連続発振するレーザを用いると、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなって、該半導体膜を用いて形成されるTF₂Tチャネル領域に入る粒界の数が減り、その結果移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用でき好ましいが、特に固体レーザを用いると更にレーザ出力安定の点で好ましい。

また、CW（連続発振）レーザに用いられる固体のレーザ媒質から発振する波長は、一般的に赤から近赤外域であり、これらの波長域は半導体膜への吸収効率が低いため、非線形光学素子を用いて可視域以下の波長を持つ高調波に変換するのがよい。

なお、その際には大出力を得やすい近赤外の基本波を第二高調波であるグリーンのレーザビームに変換するのが最も変換効率が高くよい。

【0029】

本発明において使用するスリットについても特に制限されることはなく、スリットを通過した際に強度の弱い部分を遮断できれば各種の構造あるいは形状のものが使用でき、それには、反射体、吸収体あるいはプリズム等が例示できるが、耐久性の点で反射体が好ましい。

同じく使用する凸型シリンドリカルレンズについても特に制限されることはなく、一方

、向にのみ作用する長尺状の投影形状のビームを形成することができ、そのものは、各種の構造あるいは形状のものが使用できる。

そのような凸型シリンドリカルレンズとしては、凸面が入射側、出射側のいずれか一方に形成されているものでもよく、両方に形成されているものでも勿論よいが、低収差、精度の点で入射側に凸面が形成されているものがよい。

【0030】

本発明の第2のレーザアニール方法及び装置においては、第1のレーザアニール方法及び装置で使用する凸型シリンドリカルレンズではなく、凸型球面レンズを使用するものであり、凸型球面レンズはその場合にも特に制限されることはなく、スリットで形成された長尺状のレーザ光を照射面に縮小投影できるものであれば各種の構造あるいは形状のものが使用でき、その凸面の形成形態については、凸型シリンドリカルレンズと同様に入射側、出射側のいずれか一方、あるいは両方に形成されていてもよい。

なお、本発明の第2のレーザアニール方法及び装置については、図4及び5に図示し、実施例3において詳述する。

【0031】

次に、本発明について、発明を実施するための最良の形態に関し、図1を用いて、その概要をまず説明する。

図1において、レーザ光は、CWあるいは10モードロックパルス以上の高繰り返し周波数のレーザ発振器101から射出され、そのレーザ光はスリット102によってレーザ光の強度が弱い部分を遮断され、ミラー103によって半導体膜106の方向に偏向される。

その偏向されたレーザ光は一方向にのみ作用する凸型シリンドリカルレンズ（「発明を実施するための最良の形態」の欄における以下の記載及び実施例の記載においては、特に必要が無い限り、単に「シリンドリカルレンズ」という）104によって、スリット102の像を長尺状にして照射面である半導体膜106上に投影する。

【0032】

そして、シリンドリカルレンズは、前記したとおり一方向にのみ作用するものであるから、先のレーザ光はシリンドリカルレンズ104と90度回転した一方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ105によって集光され、半導体膜106に照射される。

なお、その際には、シリンドリカルレンズ104は照射面における線状ビームの長尺方向にのみ作用し、シリンドリカルレンズ105は短尺方向にのみ作用するものである。

すなわち、シリンドリカルレンズ104によって長尺方向の長さを変更されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ105によっては長尺方向の長さが増加することではなく、短尺方向の長さのみが増加することになる。

【0033】

これらに関し、図2を用いて更に詳しく説明する。

この図2における番号についても図1で用いたものと共通の番号を使用する。

図2(a)は図1における上面図であり、そこでは照射面における線状ビームの長軸方向に作用する光路を示しており、図2(b)は、図1における側面図であり同ビームの短軸方向を示している。

レーザ発振器101から射出したレーザ光はスリット102によってレーザ光の一部を遮られ、レーザ光の強度が強い部分のみが通過する。

通過したレーザ光はシリンドリカルレンズ104によってスリット102でできた像を半導体膜106に投影するものである。

【0034】

ここで、本発明で採用するシリンドリカルレンズ104とスリット102及び照射面となる半導体膜106との間の位置関係について式を使用して詳しく説明する。

その際に使用する記号は以下のとおりである。

シリンドリカルレンズ104の焦点距離を f とし、スリットの幅を s とする。

このとき、スリット102とシリンドリカルレンズ104の間隔を $M1$ とし、シリンド

、シリンダリカルレンズ１０４と半導体膜１０６の間隔をM2とする。

また、照射面となる半導体膜１０６上での長尺方向の長さをDとする。

【００３５】

これら記号を使用すると、前記位置関係については次の２式が成り立つ。

$$s/D = M1/M2 \quad \text{式(a)}$$

$$1/f = 1/M1 + 1/M2 \quad \text{式(b)}$$

さらに、これら２式より下記式の関係が成り立つ。

$$M1 = f(s + D)/D \quad \text{式(1)}$$

$$M2 = f(s + D)/s \quad \text{式(2)}$$

したがって、これらの関係を満たす位置にスリット、シリンダリカルレンズ、照射面を配置することで、回折による縞は半導体膜に伝達されなくなる。

これにより、結晶性不良領域を形成することがほとんどないレーザ照射が可能となり、これらの関係を満たすことは好ましい。

【００３６】

なお、本発明には、シリンダリカルレンズを用いることなく、凸型球面レンズを用いる図４および図５に図示する第２レーザアニール方法もあるが、その場合にも同様の関係が成り立つ。

すなわち、実施例３において述べるように、スリット４０４、第２の凸型球面レンズ４０５及び半導体膜４０６の位置関係について同様の関係が成り立つ。

具体的には、スリット４０４と第２の凸型球面レンズ４０５の間隔(M1)、第２の凸型球面レンズ４０５と半導体膜４０６の間隔(M2)の位置関係には、前記式(1)及び(2)の関係が成り立つ。

【００３７】

続いて、図１に基づいて、本発明によるレーザアニールについて説明にする。

照射面となる半導体膜１０６を成膜したガラス基板１０７を、 $100 \sim 1000 \text{ mm/sec}$ の速度で移動させることができるXステージ１０８及びYステージ１０９上に設置し、レーザ発振器１０１から射出されたレーザ光を照射しながら適切な速度にて走査移動させることにより、本発明では基板全面に大粒径結晶を作製するものである。

本発明者らの経験から予想される最適な走査速度は、 400 mm/sec 前後である。

このような手法で大粒径結晶を形成した半導体膜は、その後周知の手段を使用することによりTFEを作製することができ、高速デバイスを作製することができる。

【実施例１】

【００３８】

以下において、本発明に関し複数の実施例を挙げて更に具体的に説明するが、本発明はこれら実施例等によってなんら限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載によって特定されるものであることはいうまでもない。

【モードロックパルスレーザとシリンダリカルレンズ２枚を用いた垂直入射の実施例】

この実施例１は、第１のレーザアニール方法及び装置の実施例であって、かつ強度の弱い部分を遮断されたレーザ光を照射面に垂直入射する実施例であり、これに関し再度図１を用いて説明する。

この実施例においては、レーザ発振器１０１は、出力 10 W 、繰り返し周波数 80 MHz 、パルス幅 10 psec 、波長 532 nm 、ビーム径 2.25 mm 、ビーム品質 TEM_{00} のモードロックパルスレーザ発振器を用いた。

【００３９】

そこから射出したレーザ光は、スリット１０２によってレーザ光の強度が弱い部分を遮断され、ミラー１０３によってガラス基板１０７上に成膜された半導体膜１０６に対して垂直方向に偏向される。

前記半導体膜１０６は、厚さ 0.7 nm のガラス基板１０７上にCVD装置を用いてa

、一方1膜を序でりりりらに成膜した後に、該一方1膜のレーザビームに対する耐性を向上させるために500度の窒素雰囲気下で1時間の炉アニールを行ったものを使用した。

なお、前記スリット102の間隔は0.8mmとした。

【0040】

前記偏向されたレーザ光は、一方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ104によって、スリット102の像を照射面である半導体膜106上に垂直に投影する。

さらに、レーザ光はシリンドリカルレンズ104と凸面が90度回転した同じく一方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ105によって集光され、半導体膜106に照射される。

そのため、シリンドリカルレンズ104は照射面における線状ビームの長尺方向にのみ作用し、シリンドリカルレンズ105は短尺方向にのみ作用することになる。

なお、照射面となる半導体膜106上に整形する線状ビームの長尺方向の長さは0.2mmとし、前記シリンドリカルレンズ104及び105は、焦点距離がそれぞれ150mm及び20mmのものをを用いた。

【0041】

また、この実施例1では、超短パルスのレーザ光を用いているため、ガラス基板裏面からの反射光と入射光との光の干渉の影響を受けることがなく、半導体膜106上に結晶の大きなばらつきが生ずることを回避できる。

すなわち、この2つの光による干渉の影響を受けた場合、レーザ光の強弱が縞となって現れ、アニール後の半導体膜106上に結晶のばらつきが大きく生じる。

これに関し、以下において更に言及する。

【0042】

前記したとおり該実施例1におけるレーザ光のパルス幅は10psecであり、1パルスのレーザ光がその間に進む距離は3mm程度である。

この実施例ではガラス基板107は、厚さが0.7mmのものを使用しており、その結果入射光がガラス基板107の裏面で反射し、再びガラス基板107の表面に戻ってくるまでの距離は1.4mmとなり、入射光とガラス基板107の裏面からの反射光が同時に半導体膜106内に混在する時間は、パルス幅の約半分程度である。

そのため、この実施例1では、光の干渉の影響を大きく受けることなくレーザアニールを行うことが可能となる。

【0043】

本発明では、シリンドリカルレンズ104とスリット102及び照射面となる半導体膜106との間の位置関係は、前記式(1)及び(2)を満たすことが好ましいことから、それを満たすために本実施例1においてもそれら位置関係は以下の通りとした。

前記したとおりシリンドリカルレンズ104の焦点距離150mm、スリットの幅0.8mm、照射面となる半導体膜106上に整形する線状ビームの長尺方向の長さ0.2mmであるから、それらに基づいて前記(1)及び(2)を満たすために必要なスリット102とシリンドリカルレンズ104の間隔(M1)及びシリンドリカルレンズ104と半導体膜106の間隔(M2)を求めた。

【0044】

その結果は、以下の通りとなる。

$$M1 = f(s + D) / D = 150 \times (0.8 + 0.2) / 0.2 = 750 \text{ mm}$$

$$M2 = f(s + D) / s = 150 \times (0.8 + 0.2) / 0.8 = 187.5 \text{ mm}$$

したがって、本実施例においては、これらの関係を満たす位置にスリット102、シリンドリカルレンズ104、照射面106を配置した。

このように配置して、モードロックパルスレーザを放射し照射面である半導体膜上に照射したところ、回折による縞は伝達されなくなり、レーザ光が均一に照射され大粒径結晶領域の幅が0.2mmで、結晶性不良領域が形成されることなく大粒径結晶がむら無く均一に形成された。

その結果、本実施例1では結晶性不良領域がほとんど形成されないレーザ照射が可能と

、なつた。

【0045】

また、本実施例において、半導体膜106を成膜したガラス基板107を、Xステージ108及びYステージ109上に設置し、400mm/secの速度で走査移動させることにより基板全面に大粒径結晶を作製できた。

このような手法で大粒径結晶を形成した半導体膜は、その後周知の手段を使用することによりTF Tを作製することができ、高速デバイスを作製することができる。

【実施例2】

【0046】

【CWレーザとシリンドリカルレンズ2枚を用いた斜め入射の実施例】

この実施例2も第1のレーザアニール方法及び装置の実施例であり、この実施例においても実施例1と同様にシリンドリカルレンズを用いているが、レーザ発振器を実施例1とは異なるCWレーザを使用しており、それに伴って実施例1とは異なる態様となっている。

すなわち、この実施例2は、第1のレーザアニール方法及び装置の実施例ではあるが、実施例1とは別な態様のものであって、強度の弱い部分を遮断されたレーザ光は照射面に斜めに入射するものであり、この実施例2に関し、まず図3を用いて説明する。

【0047】

本実施例においては、レーザ発振器301は、出力10W、波長532nm、ビーム径2.25mm、ビーム品質TEM₀₀のCWレーザ発振器を用いた。

そこから射出したレーザ光は、スリット302によってレーザ光の強度が弱い部分を遮断され、ミラー303によってガラス基板307上に成膜された半導体膜306の方向に偏向される。

前記半導体膜306は、厚さ0.7mmのガラス基板307上にCVD装置を用いてa-Si膜を厚さ660Åに成膜した後に、該a-Si膜のレーザビームに対する耐性を向上させるために500度の窒素雰囲気下で1時間の炉アニールを行ったものを使用した。

なお、前記スリット302の間隔は0.8mmとする。

【0048】

その偏向されたレーザ光は、一方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ304によって、スリット302の像を照射面である半導体膜306上に斜めに投影する。

さらに、レーザ光はシリンドリカルレンズ304と90度回転した同じく一方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ305によって集光され、半導体膜306に照射される。

そのため、シリンドリカルレンズ304は照射面における線状ビームの長尺方向にのみ作用し、シリンドリカルレンズ305は短尺方向にのみ作用する。

なお、照射面となる半導体膜106上に整形する線状ビームの長尺方向の長さは0.2mmとし、前記シリンドリカルレンズ304及び305は、焦点距離がそれぞれ150mm及び20mmのものを用いた。

【0049】

本発明では、シリンドリカルレンズ304とスリット302及び照射面となる半導体膜306との間の位置関係は、前記式(1)及び(2)を満たすことが好ましいことから、それを満たすために本実施例2においてもそれら位置関係は以下の通りとした。

すなわち、シリンドリカルレンズ304の焦点距離150mm、スリットの幅0.8mm、照射面となる半導体膜306上に整形する線状ビームの長尺方向の長さ0.2mmであるから、それらに基づいて前記(1)及び(2)を満たすために必要なスリット302とシリンドリカルレンズ304の間隔(M1)及びシリンドリカルレンズ304と半導体膜306の間隔(M2)を実施例1の場合と同様に求めた。

【0050】

その結果は、実施例1の場合と同様であり、下記のとおりとなる。

$$M1 = f(s + D) / D = 150 \times (0.8 + 0.2) / 0.2 = 750 \text{ mm}$$

その結果、本実施例 2 では結晶性不良領域がほとんど形成されないレーザ照射が可能となった。

そして、この実施例 2 においては、レーザ発振器は CW レーザを用いており、そのためガラス基板 307 の裏面からの反射光と、レーザ入射光とが半導体膜 306 上で干渉することを避けるために、反射光と入射光が半導体膜 306 上で重なり合わないように、レーザ光を半導体膜 306 に対してある一定の角度以上を持って入射させる必要がある。

その際には、レーザ光の入射方向におけるビームスポットの長さを l 、レーザ光の入射角度を θ 、ガラス基板の厚さを d とすると、

レーザー光の入射角度は下記式を満たすようにするのが好ましく、本実施例では前記入射角度 θ を20度とした。

$$\theta \geq \tan^{-1} \frac{l}{2d}$$

なお、本実施例は、この点において実施例１とは異なっており、この点は本実施例の特徴点ともなっているが、逆にこの点の存在ゆえに第１のレーザアニール方法であるにもかかわらず、実施例１とは別の態様となっている。

また、本実施例において、半導体膜 306 を成膜したガラス基板 307 を、X ステージ 308 及び Y ステージ 309 上に設置し、400 mm/sec の速度で走査移動させることにより基板全面に大粒径結晶を作製できた。

このような手法で大粒径結晶を形成した半導体膜は、その後周知の手段を使用することによりTFTを作製することができ、高速デバイスを作製することができる。

[モードロックパルスレーザと凸型球面レンズ2枚を用いた斜め入射の実施例]

この実施例 3 は、シリンドルカルレンズに代わって、凸型球面レンズを用いる第 2 のレーザアニール方法及び装置の実施例であり、これについて図 4 を用いて説明する。

本実施例においては、レーザ発振器 401 は、出力 10 W、繰り返し周波数 80 MHz、パルス幅 10 psec、波長 532 nm、ビーム径 2.25 mm、ビーム品質 TEM₀₀ のモードロックパルスレーザ発振器 401 を用いた。

そこから射出したレーザ光は、まずミラー402によって偏向される。

その偏向されたレーザー光は、焦点距離 20 mm の第 1 の凸型球面レンズ 403 に斜め方向より入射することで、レンズの非点収差によりスリット 404 上において線状となる。

この線状となったレーザ光のスポットサイズは、短軸方向に0.04 mm、長軸方向に1 mmである。

そのスリット404の間隔を長軸方向に0.8mmとし、このスリットにより線状ビームの両端の光強度が弱い部分を遮断する。

ての凸型球面レンズ405を用いて半導体膜406上に4分の1の大きさで縮小投影し、半導体膜406上において短軸10μm、長軸200μmの線状ビームを形成する。

【0055】

これらに関し、実施例3の光学系の概略図を示す図5を用いて更に詳しく説明する。

この図5における番号についても図4で用いたものと共通の番号を使用する。

図5(a)は図4における上面図であり、そこでは照射面における線状ビームの長軸方向に作用する光路を示しており、図5(b)は、図4における側面図であり同ビームの短軸方向を示している。

前記照射面に配置される前記半導体膜406は、厚さ0.7mmのガラス基板407上にCVD装置を用いてa-Si膜を厚さ660Åに成膜した後に、該a-Si膜のレーザビームに対する耐性を向上させるために、予め500度の窒素雰囲気下で1時間の炉アニールを行ったものを使用した。

【0056】

本実施例では、前記したとおり超短パルスのレーザ光を用いており、その結果ガラス基板裏面からの反射光と入射光との光の干渉による悪影響を受けることはない。

なお、この光の干渉の影響を受けた場合、レーザ光の強弱が縞となって現れ、アニール後の半導体膜406上に結晶のばらつきが大きく生じる。

この実施例における、前記光の干渉に関し、詳述すると以下のとおりである。

本実施例においては、レーザ光のパルス幅は10psであることから、1パルスのレーザ光が10psの間に進む距離は3mm程度である。

また、本実施例では、ガラス基板407の厚さは0.7mmとしており、入射光がガラス基板407の裏面で反射し、再びガラス基板407の表面に戻ってくるまでの距離は1.4mmであり、入射光とガラス基板407の裏面からの反射光が同時に半導体膜406内に混在する時間は、パルス幅の約半分程度である。

そのため光の干渉の影響を大きく受けることなくレーザアニールが可能となる。

【0057】

本発明の第2のレーザアニール方法及び装置においては、第2の凸型球面レンズ405とスリット404、及び第2の凸型球面レンズ405と照射面となる半導体膜406との間の位置関係は、前記したとおり前記した式(1)及び(2)を満たすことが好ましいことから、それを満たすために本実施例3においてもそれら位置関係は以下の通りとした。

前記したとおり第2の凸型球面レンズ405の焦点距離40mm、スリットの幅は0.8mm、照射面となる半導体膜406上で整形したい線状ビームの長尺方向の長さ0.2mmであるから、それらに基づいて前記した式(1)及び(2)を満たすために必要なスリット404と第2の凸型球面レンズ405の間隔(M1)及び第2の凸型球面レンズ405と半導体膜406の間隔(M2)を実施例1及び実施例2の場合と同様に求めた。

【0058】

その結果は、下記のとおりとなる。

$$M1 = f(s + D) / D = 40 \times (0.8 + 0.2) / 0.2 = 200 \text{ mm}$$

$$M2 = f(s + D) / s = 40 \times (0.8 + 0.2) / 0.8 = 50 \text{ mm}$$

したがって、本実施例においては、これらの関係を満たす位置にスリット、第2の凸型球面レンズ及び照射面を配置した。

このように配置して、モードロックパルスレーザを放射し照射面である半導体膜上に照射したところ、回折による縞は伝達されなくなり、レーザ光が均一に照射され大粒径結晶領域の幅が0.2mmで、結晶性不良領域が形成されることなく大粒径結晶がむら無く均一に形成された。

その結果、本実施例3では結晶性不良領域がほとんど形成されないレーザ照射が可能となった。

【0059】

また、本実施例においても、半導体膜406を成膜したガラス基板407を、Xステー

シヤリ、及び、ヘリオンシヤリに設置し、ヤリ山山ノ、セシの逐次、且移動させることにより基板全面に大粒径結晶を作製できた。

このような手法で大粒径結晶を形成した半導体膜は、その後周知の手段を使用することによりTFTを作製することができ、高速デバイスを作製することができる。

【実施例4】

【0060】

【TFTを作製するための実施例】

この実施例においては、本発明によるレーザアニール装置を用いて、薄膜トランジスタ(TFT)を作製する工程について、図6を用いて説明する。

まず、図6(A)示すように、絶縁表面を有するガラス基板700上に下地膜701を形成する。

その基板700には、例えばバリウムホウケイ酸ガラスや、アルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、石英基板、SUS基板等を用いることができる。

また、PET、PES、PENに代表されるプラスチックや、アクリル等の可撓性を有する合成樹脂からなる基板は、一般的に他の基板と比較して耐熱温度が低い傾向にあるが、作製工程における処理温度に耐え得るのであれば用いることができる。

【0061】

下地膜701は、ガラス基板700中に含まれるNaなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属が、半導体膜中に拡散し、半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける。

そのため、アルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体膜中への拡散を抑えることができる酸化珪素や、窒化珪素、窒化酸化珪素などの絶縁膜を用いて形成する。

本実施例では、プラズマCVD法を用いて窒化酸化珪素膜を10～400nmの膜厚になるように成膜した。

ガラス基板又はプラスチック基板のようにアルカリ金属やアルカリ土類金属が多少なりとも含まれている基板を用いる場合、不純物の拡散を防ぐという観点から下地膜を設けることは有効であるが、石英基板など不純物の拡散がさして問題とならない場合には必ずしも設ける必要はない。

【0062】

その下地膜上には、続いて非晶質半導体膜702を形成するが、その膜厚は25～100nm(好ましくは30～60nm)とする。

また、非晶質半導体膜は、珪素やシリコンゲルマニウムを用いることができるがここでは珪素を用いる。

シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は0.01～4.5atomic%程度であることが好ましい。

続いて、図6(B)に示すように、本発明のレーザアニール装置を用いて非晶質半導体膜702にレーザ光を照射し、結晶化を行う。

【0063】

本実施例では、レーザ光として、10Wの第2高調波、TEM₀₀モード発振のNd:YVO₄レーザを用いる。

なお、スリット731、レンズ732を用いてレーザ光を加工することで非晶質半導体膜702の表面に形成される第1のビームスポットを短軸10μm、長軸500μmの矩形形状とする。

そのレーザ光は、非晶質半導体膜702の表面において、図6(B)に示した矢印の方向に向かって走査する。

そのレーザ光の照射により走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒が形成される。

【0064】

前記のように、走査方向に向かって長く延びた結晶の粒を形成することで、少なくとも

、１１のレーザー光方向には和面電界はほとんど付与しない和面は半導体膜１１の形成が可能となる。

また、スリット７３１を用いてレーザー光の強度が弱い部分を遮断し、レンズ７３２を用いて照射面に投影することによって、光の回折による縞のない均一強度の線状のレーザー光を照射することができる。

なお、希ガスや窒素などの不活性ガス雰囲気中でレーザー光を照射するようにしてもよく、これによりレーザー光照射による半導体表面の荒れを抑えることができ、界面準位密度のバラツキによって生ずる閾値のバラツキを抑えることができる。

【００６５】

その後、図６（Ｃ）に示すように結晶性半導体膜７０３をパターンニングし、島状の半導体膜７０４～７０７が形成され、島状の半導体膜７０４～７０７を用いてＴＦＴに代表される各種の半導体素子が形成される。

さらに、その島状の半導体膜７０４～７０７を覆うようにゲート絶縁膜７０８を形成する。

そのゲート絶縁膜７０８には、例えば酸化珪素、窒化珪素または窒化酸化珪素等を用いることができる。

その際の成膜方法には、プラズマＣＶＤ法、スパッタ法などを用いることができる。ここでは、スパッタ法を用いて、膜厚を３０ｎｍ～２００ｎｍとして珪素を含む絶縁膜を形成する。

【００６６】

次に、図示しないが、ゲート絶縁膜上に導電膜を形成しパターンニングすることでゲート電極を形成する。

その後、ゲート電極、又はレジストを形成しパターンニングしたものをマスクとして用い、島状の半導体膜７０４～７０７にｎ型またはｐ型の導電性を付与する不純物を選択的に添加し、ソース領域、ドレイン領域、さらにはＬＤＤ領域等を形成する。

上述の工程によって、Ｎチャネル型ＴＦＴ７１０、７１２と、Ｐチャネル型ＴＦＴ７１１、７１３を同一基板上に形成することができる（図６（Ｄ））。

続いて、それらの保護膜として絶縁膜７１４を形成する。

この絶縁膜７１４には、プラズマＣＶＤ法またはスパッタ法を用い、厚さを１００ｎｍ～２００ｎｍとして珪素を含む絶縁膜を用いて、単層又は積層構造として形成する。本実施例では、プラズマＣＶＤ法により膜厚１００ｎｍの酸化窒化珪素膜を形成した。

【００６７】

次いで、絶縁膜７１４上に、有機絶縁膜７１５を形成する。

有機絶縁膜７１５としては、ＳＯＧ法によって塗布されたポリイミド、ポリアミド、ＢＣＢ、アクリル等の有機絶縁膜を用いる。

その絶縁膜７１５は、ガラス基板上９００に形成されたＴＦＴによる凹凸を緩和し、平坦化する意味合いが強いので、平坦性に優れた膜が好ましい。

さらに、フォトリソグラフィ法を用いて、絶縁膜７１４及び有機絶縁膜７１５をパターン加工して、不純物領域に達するコンタクトホールを形成する。

【００６８】

次に、導電性材料を用いて、導電膜を形成し、該導電膜をパターン加工して、配線７１６～７２３を形成する。

その後、保護膜として絶縁膜７２４を形成すると、図６（Ｄ）に図示するような半導体装置が完成する。

なお、本発明のレーザーアニール方法を用いた半導体装置の作製方法は、上述したＴＦＴの作製工程に限定されない。本発明では、レーザー光の照射方法を用いて得られる結晶性半導体膜をＴＦＴの活性層として用いることを特徴とする。

その結果、素子間の移動度、閾値及びオン電流のばらつきを抑えることができる。

なお、レーザー光は、本実施例で示した照射条件に限定されない。

【００６９】

また、レーザ光による結晶化の前に、触媒元素を用いた結晶化工程を設けてもよい。

その触媒元素としては、ニッケル（Ni）を用いているが、その以外にもゲルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）といった元素を用いることができる。

触媒元素を用いた結晶化工程の後に、レーザ光による結晶化工程を行うと、触媒元素による結晶化の際に形成された結晶が、レーザ光の照射により溶融されずに残存し、この結晶を結晶核として結晶化が進む。

【0070】

そのため、レーザ光による結晶化工程のみの場合に比べて、より半導体膜の結晶性を高めることができ、レーザ光による結晶化後の半導体膜表面の荒れが抑えられることもできる。

よって、後に形成される半導体素子、代表的にはTFTの特性のばらつきがより抑えられ、オフ電流を抑えることができる。

なお、触媒元素を添加してから加熱処理を行って結晶化を促進してから、レーザ光の照射により結晶性をより高めていてもよいし、加熱処理の工程を省略してもよい。

具体的には、触媒元素を添加してから加熱処理の代わりにレーザ光を照射し、結晶性を高めるようにしてもよい。

【0071】

本実施例では、半導体膜の結晶化に本発明のレーザ照射方法を用いた例を示したが、半導体膜にドーピングした不純物元素の活性化を行うために用いてもよい。

また、本発明を用いた半導体装置の作製方法は、集積回路や半導体表示装置の作製方法にも用いることができる。

ドライバやCPUなどの機能回路を用途としたトランジスタは、LDD構造又はLDDがゲート電極とオーバーラップする構造が好適であり、高速化のためには、トランジスタの微細化を図ることが好ましい。

本実施例により完成されるトランジスタ710～713は、LDD構造を有するため、高速動作が必要な駆動回路に用いることが好適である。

【0072】

そして、本発明を用いることにより図6で示した薄膜トランジスタを用いて様々な電子機器を完成させることができる。

その具体例について、図7を用いて説明する。

図7（A）は表示装置であり、筐体2001、支持台2002、表示部2003、スピーカー部2004、ビデオ入力端子2005等を含む。

この表示装置は、図6に示した作製方法により形成した薄膜トランジスタをその表示部2003に用いることにより作製される。

なお、表示装置には、液晶表示装置や発光装置などがあり、具体的には、コンピュータ用、TV放送受信用、広告表示用などの全ての情報表示用表示装置が含まれる。

【0073】

図7（B）は、コンピュータであり、筐体2200、表示部2201、キーボード2203、外部接続ポート2204、ポインティングマウス2205等を含む。

図6に示した作製方法を用いることにより、表示部2201やその他の回路への適用が可能である。

さらに、本発明は本体内部のCPU、メモリなどの半導体装置にも適用が可能である。

図7（C）は携帯端末のうちの携帯電話、筐体2301、表示部2302等を含む。

上記携帯電話を始めとするPDAやデジタルカメラなどの電子機器は携帯端末であるため、表示画面が小さい。

従って、図6で示したような微細なトランジスタを用いてCPU等の機能回路を形成することによって、小型・軽量化を図ることができる。

【0074】

また、本実施例で作製した薄膜トランジスタはICチップとして利用でき

る。

例えば、図 6 に示した作製方法を用いることにより、I D チップ内の集積回路やメモリとしての適用が可能である。

メモリとして用いた場合、商品の流通のプロセスを記録することができる。

さらに、商品の生産段階におけるプロセスを記録しておくことで、卸売業者、小売業者、消費者が、産地、生産者、製造年月日、加工方法などを把握することが容易になる。

以上の様に、本発明により作製された半導体装置の適用範囲は極めて広く、本発明により作製された半導体装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 5 】

【図 1】 発明を実施するための最良の形態及び実施例 1 を説明するためのレーザアニール方法及び装置を示す鳥瞰図。

【図 2】 発明を実施するための最良の形態及び実施例 1 を説明するためのレーザアニール方法及び装置を示す上面図及び側面図。

【図 3】 実施例 2 を説明するためのレーザアニール方法及び装置を示す鳥瞰図。

【図 4】 第 2 のレーザアニール方法及び装置である実施例 3 を説明するためのレーザアニール方法及び装置を示す鳥瞰図。

【図 5】 第 2 のレーザアニール方法及び装置である実施例 3 を説明するためのレーザアニール方法及び装置を示す上面図及び側面図。

【図 6】 本発明によるレーザアニール装置を用いて、薄膜トランジスタ（T F T）を作製する工程を図示する。

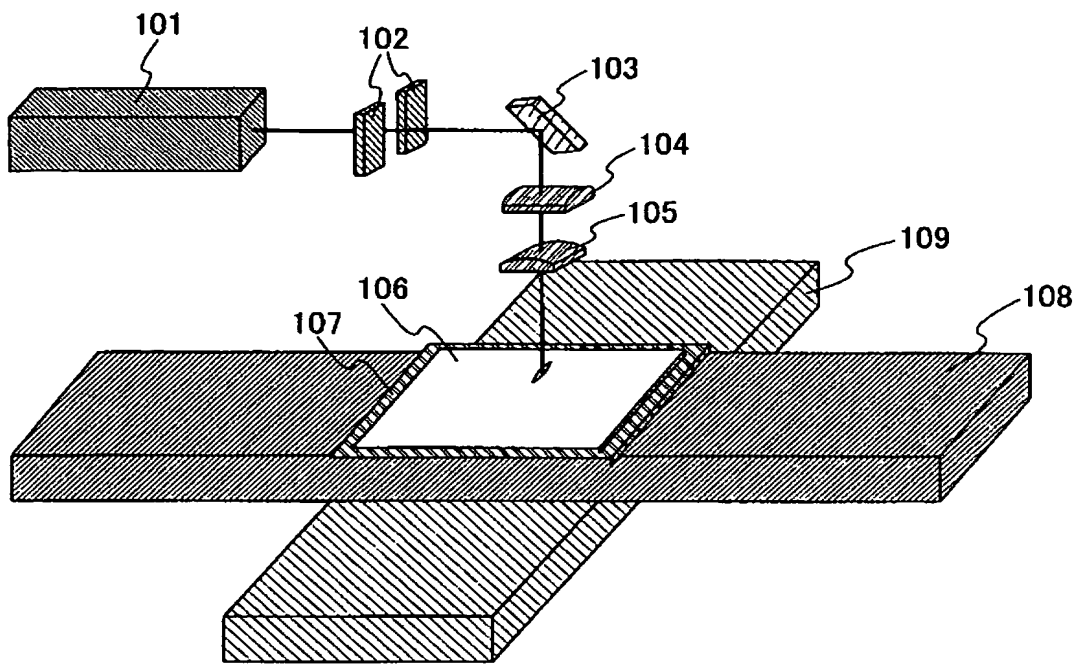
【図 7】 本発明のレーザアニール方法により作製することができる各種表示装置。

【符号の説明】

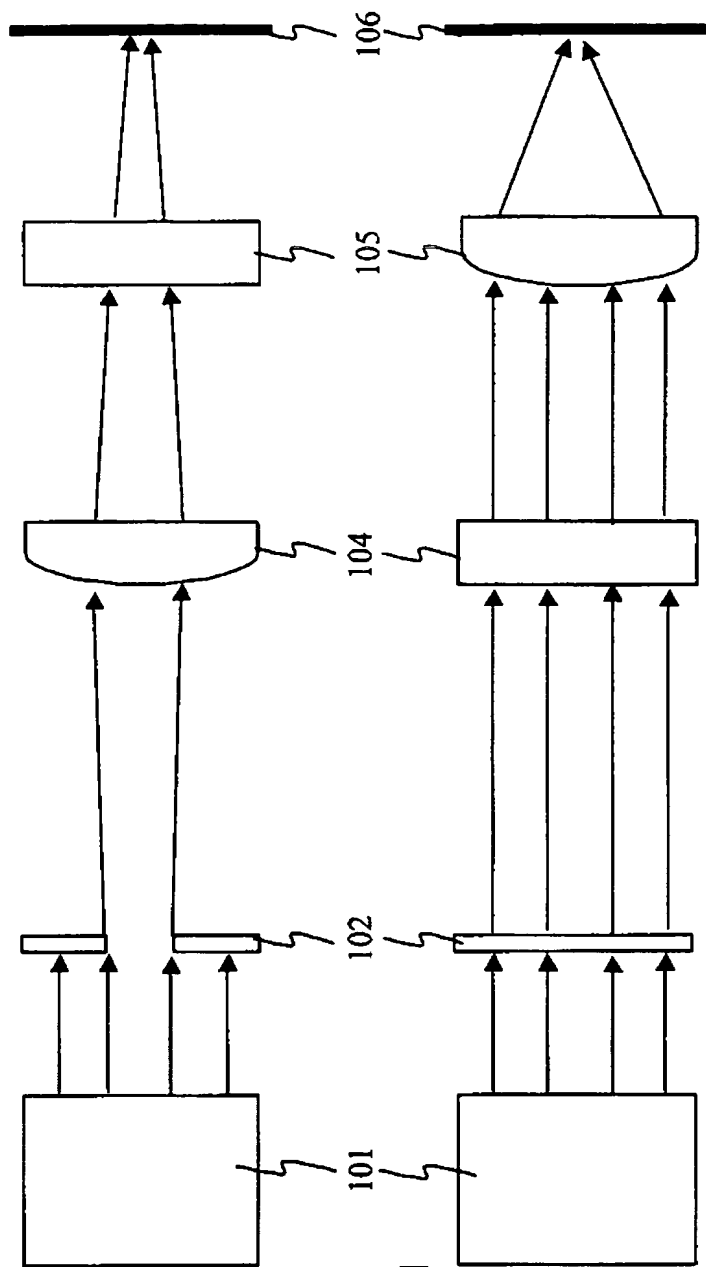
【 0 0 7 6 】

1 0 1	レーザ発振器
1 0 2	スリット
1 0 3	ミラー
1 0 4	シリンドリカルレンズ
1 0 5	シリンドリカルレンズ
1 0 6	半導体膜
1 0 7	ガラス基板
1 0 8	X ステージ
1 0 9	Y ステージ

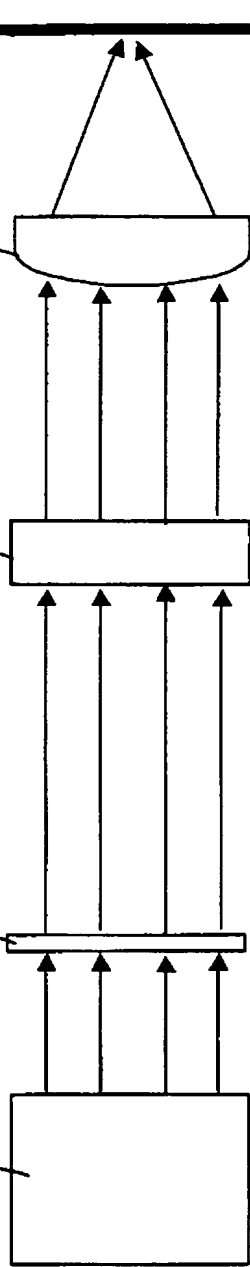
【图 1】

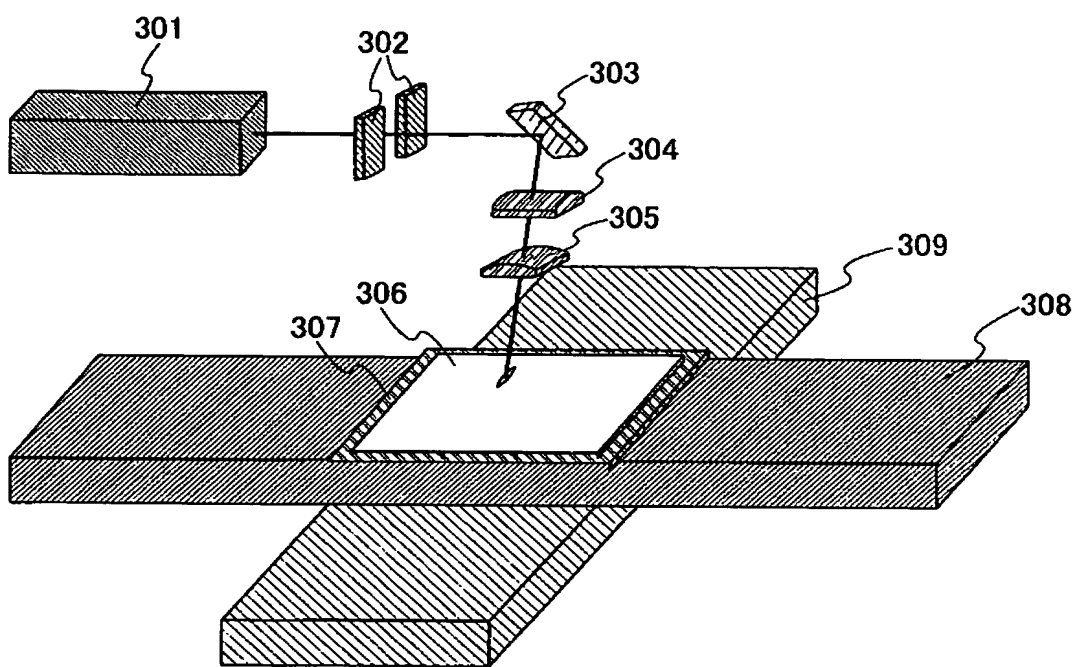


(a) 上面图

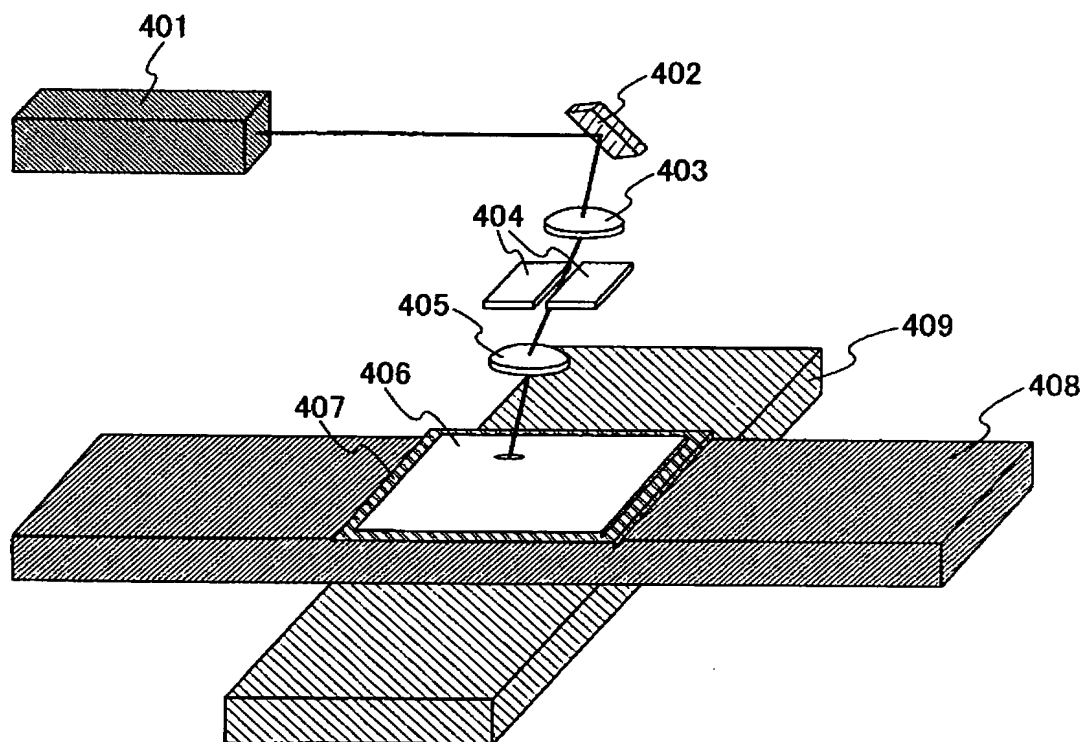


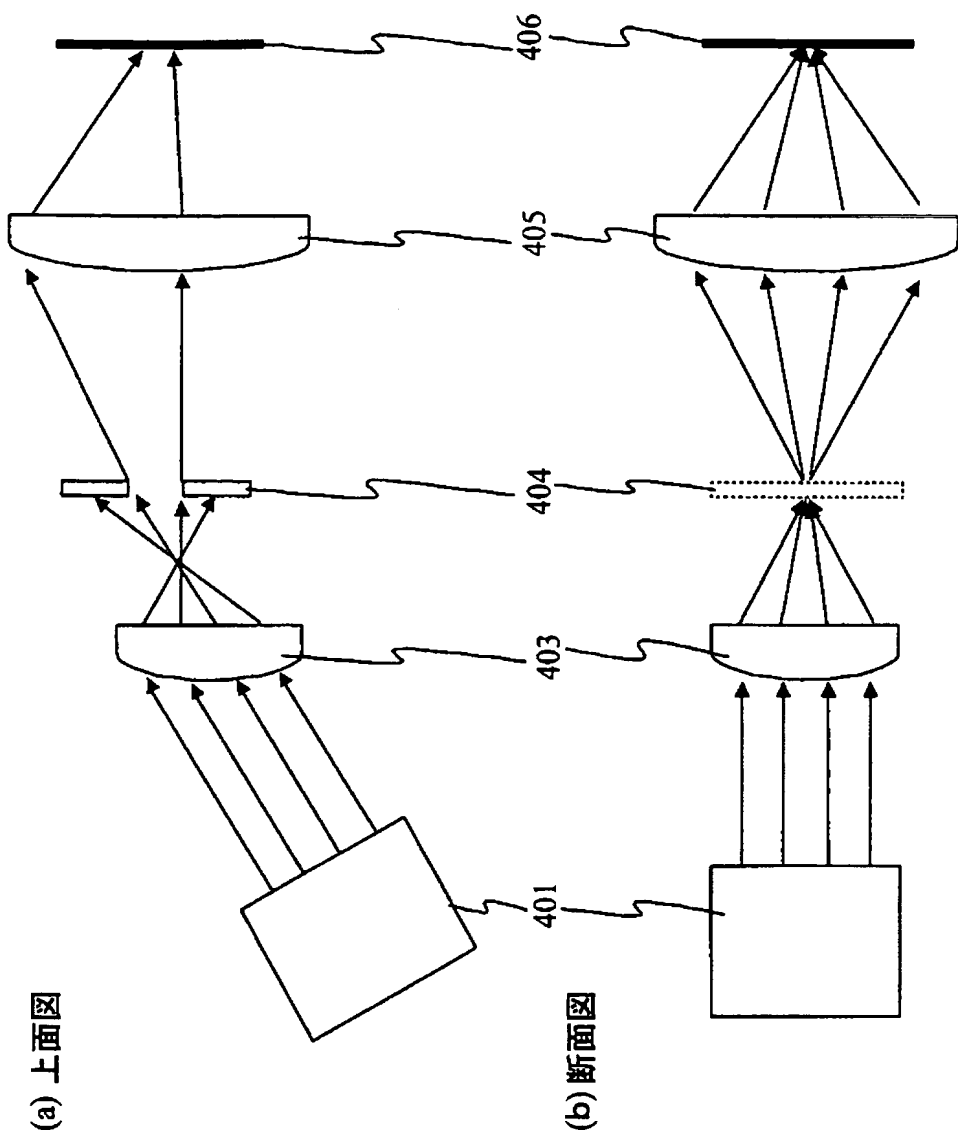
(b) 断面图

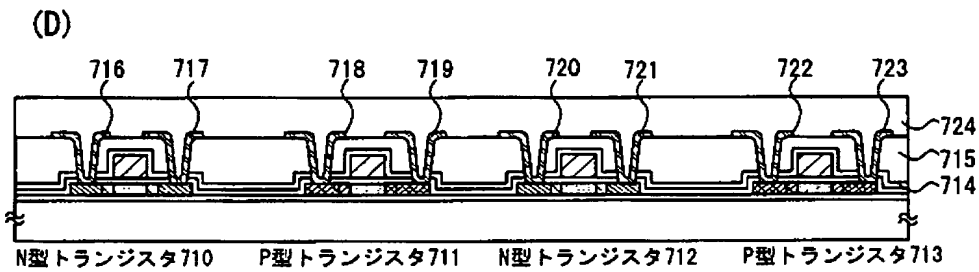
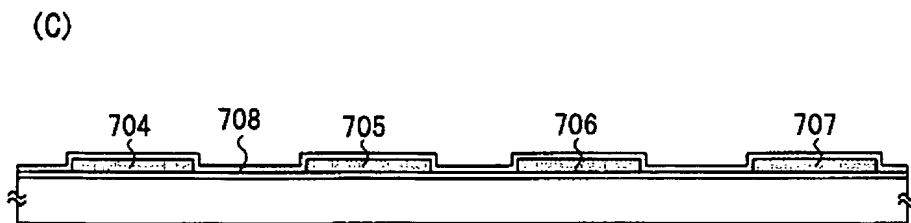
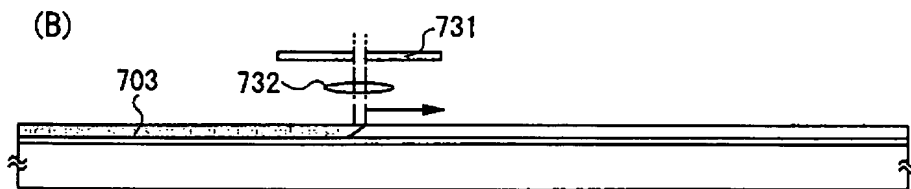
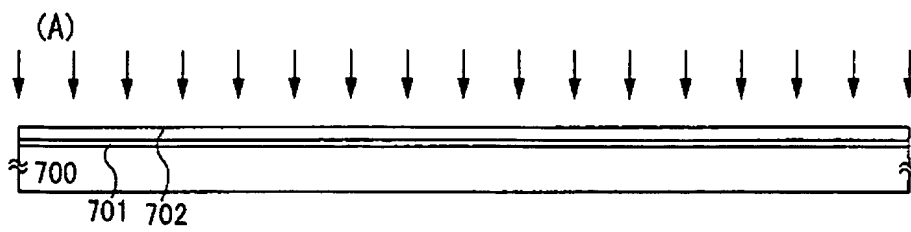




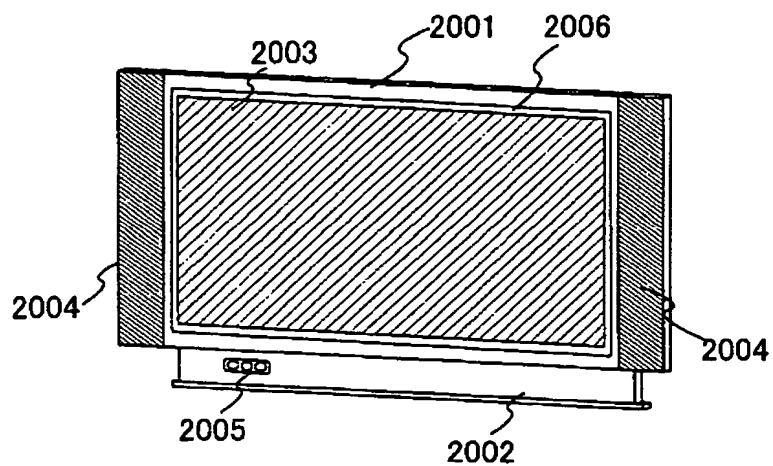
【 図 4 】



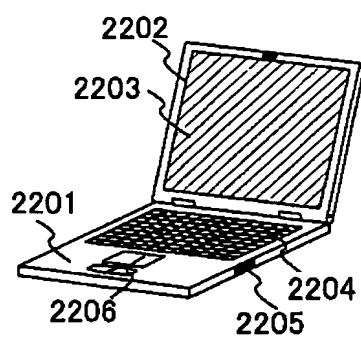




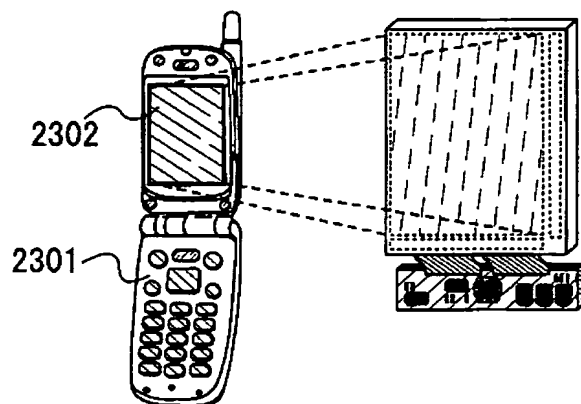
(A)



(B)



(C)



【要約】

・ 【課題】 レーザ光のエネルギー強度の弱い部分を遮断し、かつ光の回折による縞を発生させることなく、線状レーザ光を照射面に照射することができる、照射面上に均一強度の線状ビームを照射するレーザアニール方法及びレーザアニール装置の提供。

【解決手段】 レーザ発振器101から射出されたレーザ光をスリット102を通過させて強度の弱い部分を遮断し、ミラー103で偏向させ、スリットにできた像を凸型シリンドリカルレンズ104によって照射面106に投影して照射面上に均一強度の線状ビームを照射することでレーザアニールを行う。

その際にはスリットと凸型シリンドリカルレンズの間隔（M1）及び凸型シリンドリカルレンズと照射面との間隔（M2）が下記の式（1）及び式（2）の関係を満たすようにそれらを配置するのが好ましい。

$$M1 = f(s + D) / D \quad \text{式（1）}$$

$$M2 = f(s + D) / s \quad \text{式（2）}$$

（但し、前記式において、sはスリットの幅、Dは線状ビームの長尺方向の長さ、fは凸型シリンドリカルレンズの焦点距離である。）

【選択図】 図1

・ 0 0 0 1 5 3 8 7 8
19900817
新規登録

神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地
株式会社半導体エネルギー研究所

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/006207

International filing date: 24 March 2005 (24.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-092933
Filing date: 26 March 2004 (26.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse